PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2003-158295

(43) Date of publication of application: 30.05.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00 C23C 16/34 C30B 29/38 H01L 21/205

(21)Application number: 2001-356801

(71)Applicant

(71)Applicant: SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing:

22.11.2001

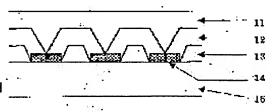
(72)Inventor: URASHIMA YASUHITO

(54) GaN-BASED SEMICONDUCTOR FILM, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME, SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GaN-based semiconductor, and a method for manufacturing the same, equipped with a novel structure effectively usable for improvement on the luminescence property of semiconductor light emitting diodes using a GaN-based semiconductor.

SOLUTION: Use of crystal surfaces yet nonplanar in a GaN-based semiconductor film selective growth process for the irregular reflection of light improves light ejection efficiency. Non-flat boundaries are formed in between a 1st GaN-based semiconductor 13 and a 2nd GaN-based semiconductor 12, and in between the 2nd GaN-based semiconductor 12 and a 3rd GaN-based semiconductor 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国格許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

特開2003-158295 (P2003-158295A) (11)特許出廣公開番号

(43)公開日 平成15年5月30日(2003.5.30)

(51) IntCl.		数别記号	F I		11	デーヤコード (参考
H01L	33/00		H01L	33/00	ပ	4G077
C23C	16/34		C23C	16/34		4K030
C30B	29/38		C30B		Д	5F041
H01L 21/205	21/205		H01L 21/205	21/205		5F045

요 œ 쇈 o 審査請求 未請求 請求項の数20

(21)出國番号 4	特国2001—356801(P2001—356801)	(71) 出國人 000002004	000002004
平 田岡田(22)	平成13年11月22日(2001.11.22)		的价值上标式运在 東京都港区芝大門1丁目13番9号
		(72) 発明者	浦島 泰人
(出頭人による中告) ロ	(出頭人による中告) 国等の委託研究の成果に係る特許		千葉県千葉市緑区大野台1丁目1番1号
出國 (平成13年度新工	出版 (平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構		阳和盘工株式会社総合研究所内
「高效率電光效效化合物	「高効率電光変換化合物半導体開発(21世紀のあかり計	(74)代理人 100118740	100118740
国)エネルギー世用台理化技術開発」委託研9 カ再生特別処置法第30条の適用を受けるもの)	国)エネルギー世用台理化技術開発」委託研究、産業活 力再生特別処置法第30条の適用を受けるもの)		弁理士 枯沼 仲司

员姓耳尼兹人

(54) 【発明の名称】 GaN系半導体辞賦、その製造方法、半導体発光薬子

【課題】G a N系半導体を用いた半導体発光素子の発光 特性の改良に有効な新しい構造を有するGaN系半導体 薄膜とその製造方法を提供する。 【解決手段】GaN系半導体薄膜の選択成長の過程にお いて存在する、結晶の表面が平坦化していない非平面状 の結晶面を利用して光を乱反射させることにより、光を 外部に取り出す効率を向上させる。 屈折率の異なる第1 OGaN系半導体と第2のGaN系半導体12の間、お よび第2のGaN系半導体と第3のGaN系半導体の間 に、平坦化していない界面を形成する。

7 13

12

2

[特許請求の範囲]

a N系半導体を第2のG a N系半導体上に成長させる第 3の工程とを具備することを特徴とするGaN系半導体 面が平坦化しない段階で、第1のGaN系半導体とは異 a N系半導体上に成長させる第2の工程と、該第2のG a N系半導体の表面が平坦化しない段階で、さらに第2 1) が成長可能な基板の表面に、GaN系半導体の成長 が起こらない物質からなるマスクを付着させ、該マスク に適切な閉口部を設け、開口部からGaN系半導体導膜 成長させる第1の工程と、該第1のGaN系半導体の表 -x-yN, @L0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤ 屈折率n1を持った第1のGaN采半導体を開口部から なる屈折率n2を持つ第2のGaN系半導体を第1のG のGaN系半導体とは異なる屈折率n1を持つ第3のG を成長させるGaN系半導体薄膜の製造方法において、 [請求項1] GaN系半導体 (AlxGayIn

10

が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なる 1、0≤x+y≤1)より構成されることを特徴とする AlxGayIni-x-yN (@L, 0≤x≤1, 0≤y≤ 【請求項2】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 請求項1に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

蒋暎の製造方法。

20

を特徴とする請求項1または2に記載のGaN系半導体 が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状 1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること 【請求項3】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 彼の異なるA1xGayIn1-x-yN (但し、0≤x≤ 韓膜の製造方法。

30 【請求項4】前記第2のGaN系半導体が、2種類以上 の組成の異なるAlıGayln1-x-yN (但し、0≦x ≦1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層し た多層膜よりなることを特徴とする請求項1に記載のG aN系半導体薄膜の製造方法

ことを特徴とする請求項1ないし4に記載のGaN系半 【請求項5】前記第1のCaN系半導体と第3のCaN x ≦1、0 ≤y ≤1、0 ≤x + y ≤1) より構成される 系半導体が、同じAlrGayInt-x-yN (但し、0≦ 尊体薄膜の製造方法。

【請求項6】前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦 なGaN系半導体薄膜となることを特徴とする請求項1 ないし5に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

【請求項1】前記第3のGaN系半導体上に、 装面の平 坦なG a N系半導体薄膜を成長させることを特徴とする 請求項1ないし6に記載のGaN系半導体薄膜の製造方

GaN、サファイア、SiC、シリコンのうちの何れか 1種類であることを特徴とする請求項1ないし7に記載 【計水項8】前記GaN系半導体が成長可能な基板が、 のGaN系半導体薄膜の製造方法

【請求項9】前記マスクがSiNからなることを特徴と

8

特開2003-158295

する請求項1ないし8に記載のGaN系半導体溶膜の製

【請求項10】 基板上にマスクを付着させ、該マスクに 適切な関ロ部を設け、関ロ部からマスク表面を疑って成 長させたGaN系半導体薄膜において、該GaN系半導 平坦化しない段階で第1のGaN系半導体上に成長させ 第2のGaN系半導体と、第2のGaN系半導体の表面 が平坦化しない段階で第2のGaN系半導体上に成長さ のGaN系半導体と、該第1のGaN系半導体の表面が つ第3のGaN系半導体とを具備することを特徴とする 体薄膜が、関ロ部から成長させた屈折率n1を持つ第1 た、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2を持つ せた、第2のGaN系半導体とは異なる屈折率n3を持 GaN系半導体薄膜。

【請求項11】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なる 1、0≤×+y≤1)より構成されることを特徴とする AlxGayIn1-x-yN (個L, 0≤x≤1, 0≤y≤ 請求項10に記載のGaN系半導体薄膜。 【請求項12】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状 0≤y≤1、0≤x+y≤1)より構成されること 彼の異なるA1xGa,In1-x-yN (但し、0≤x≤

を特徴とする請求項10または11に記載のGaN系半

x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層 した多層膜よりなることを特徴とする請求項10に記載 【謝水項13】前記第2のGaN系半導体が、2種類以 上の組成の異なるAlxGayln1-x-yN (但し、0≤ OC a N系半導体薄膜。

≤×≦1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成され ることを特徴とする請求項10ないし13に記載のGa 【諸永項14】前記第1のGaN系半導体と第3のGa N系半導体が、同じAlxGayIn1-x-yN (但し、0 N系半導体辞蹟。

【請求項15】前記第3のGaN系半導体が、表面の平 坦なG a N系半導体薄膜であることを特徴とする請求項 10ないし14に記載のGaN系半導体薄膜。

【請水項16】前記第3のGaN系半導体上に、 表面の 平坦なG a N系半導体薄膜が形成されていることを特徴 とする請求項10ないし15に記載のGaN系半導体導

6

が、GaN、サファイア、SiC、シリコンのうちの何 れか1種類であることを特徴とする請求項10ないし1 【請求項17】前記GaN系半導体が成長可能な基板

【請求項18】前記マスクがSiNからなることを特徴 とする請求項10ないし17に記載のGaN系半導体薄 6に記載のCaN米半導体は疑。

【請求項19】前記第3のGaN系半導体上に、p型お

20

-2-

よびn型のGaN系半導体薄膜からなるpn接合が形成 されていることを特徴とする請求項10ないし18に記 世のGaN系半導体薄膜。

【請水項20】請水項19に記載のGaN系半導体薄膜 を用いて作製した半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

[0001]

半導体発光素子の発光特性の改良に有効な新しい構造を 漢とその製造方法に関し、特にGaN系半導体を用いた [発明の属する技術分野] 本発明は、GaN系半導体薄 有するGaN系半導体薄膜とその製造方法に関する。

半導体発光素子のような半導体素子を得るためには、不 の上にGaN系半導体薄膜を不整合の緩和をさせながら は、結晶成長に適したG a N基板の入手が困難であり、 **【従来の技術】GaN系半導体(A1xGay1n1-x-)** 整合基板であるサファイア基板やSiC基板を用い、・ N, $(\exists L 0 \le x \le 1, 0 \le y \le 1, 0 \le x + y \le 1)$ 成長させる必要がある。

転位が生じていた。この多数の転移により、GaN系半 導体を用いた発光素子の茶子特性は悪影響を受ける。そ こで、GaN系発光素子の特性改良の為に、転位密度の 低いGaN系半導体薄膜を成長するための技術が要求さ 導体薄膜には、108~1010cm-2もの非常に多数の

体の結晶成長が可能な基板上に、結晶成長が起こらない マスクを付着させ、パターニングによりマスクに関ロ部 997))この方法は、マスク上では結晶の横方向成長 N系半導体薄膜の転位密度を低減することを可能とする を設け、閉口部からGaN系半導体の結晶を成長させる による低転位領域が得られることを利用して、転位密度 の高い結晶領域をマスクの閉口部上のみに制限し、Ga 【0004】この転位密度を低減するための技術のひと つに、選択成長による方法がある。これはGaN系半導 A. Sakai and A. Yamaguchi, J pn. J. Appl. Phys., 36, L899 (1 方法である。(A. Usui, H. Sunakawa,

【0005】また、一般に半導体発光素子は、表面が平 因な基板の上に組成やキャリア濃度等の特性の異なる半 る。半導体発光素子の発光部は、通常、半導体溶膜のp で電流が光に変換される効率と、発光部で生じた発光を その発光出力を決定しているのは、主に素子内の発光部 導体薄膜を複数成長させて、目的とする素子構造を得 n接合によって形成される。半導体発光素子において、 素子内部から外部に取り出す効率である。

20 以内の角度で、光が茶子去面に入射する必要がある。そ 【0006】 発光素子の内部から外に光が取り出される ためには、発光素子の表面で全反射が起こらない臨界角

せるには、発光素子内で光を乱反射させ、臨界角以内の こで発光素子内部から光を外部に取り出す効率を向上さ 角度で光が素子表面に入射する確率を増やしてやる必要

[0000]

はマスクの関ロ部上にのみGaN系半導体が成長し、そ [発明が解決しようとする課題] 前記の選択成長による GaN系半導体薄膜の製造方法では、結晶成長の初期に の後関ロ部上に成長したGaN系半導体を種結晶とし

形成の過程において必ず、結晶の表面が平坦ではない非 平面状の結晶面が現れる過程が存在する。しかし、従来 はこの平坦でない結晶面を有するGaN系半導体につい て、結晶の横方向成長が起きる。従って、半導体薄膜の て、特に関心を持たれていなかった。 10

【0008】本発明は、選択成長を用いたGaN系半導 GaN系半導体を用いた半導体発光素子の発光特性の改 良に有効な新しい構造を有するGaN系半導体薄膜とそ 本薄膜の製造の過程で、非平面状の結晶面を有するG a N系半導体が現れることに着目して為したものであり、 の製造方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】本発明は、

0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1)が成長可能 な基板の表面に、GaN系半導体の成長が起こらない物 を持つ第2のGaN系半導体を第1のGaN系半導体上 に成長させる第2の工程と、該第2のGaN系半導体の 第2のGaN系半導体上に成長させる第3の工程とを具 質からなるマスクを付着させ、該マスクに適切な閉口部 を設け、関ロ部からGaN系半導体薄膜を成長させるG の工程と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦化しな 按面が平坦化しない段階で、さらに第2のG a N系半導 a N系半導体落膜の製造方法において、屈折率 n1を持 った第1のGaN系半導体を開口部から成長させる第1 い段階で、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2 体とは異なる屈折率n3を持つ第3のGaN系半導体を (1) GaN系半導体 (AlrGay Int-x-yN、但L 備することを特徴とするG a N系半導体薄膜の製造方 30

[0010]特に本発明は、

40

(2) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それ ay I n1-x-yN (但し、0≤x≤1、0≦y≦1、0≦ ぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なるA1xG x+y≤1)より構成されることを特徴とする上記

(1) に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

ぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状態の異な ≤1、0≤x+y≤1)より構成されることを特徴とす る上記 (1) または (2) に記載のGaN系半導体薄膜 (3) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それ るAlxGayIn1-x-yN (個し、0≤x≤1、0≤y

(4) 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組成 0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層した多層 膜よりなることを特徴とする上記 (1) に記載のGaN の異なるA 1xG ay I n1-x-y N (但し、0≦x≦1、 系半導体薄膜の製造方法。

(5) 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半導 を特徴とする上記 (1) ないし (4) に記載のGaN系 1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること 体が、同じA1xGayIn1-x-yN(但し、0≤x≤ 半導体薄膜の製造方法。

N系半導体薄膜となることを特徴とする上記(1)ない (6) 前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なGa し(5)に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。 (1) 前記第3のGaN系半導体上に、按面の平坦なG (1) ないし (6) に記載のCaN系半導体薄膜の製造 a N系半導体薄膜を成長させることを特徴とする上記

類であることを特徴とする上記 (1) ないし (7) に記 N、サファイア、SiC、シリコンのうちの何れか1種 (8) 前記GaN系半導体が成長可能な基板が、Ga 載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

20

(9) 前記マスクがSiNからなることを特徴とする上 記(1)ないし(8)に記載のG a N系半導体薄膜の製 造方法。である。

[0011] また本発明は、

N系半導体と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦化 GaN系半導体と、第2のGaN系半導体の表面が平坦 のGaN系半導体とを具備することを特徴とするGaN たGaN系半導体薄膜において、該GaN系半導体薄膜 しない段階で第1のGaN系半導体上に成長させた、第 (10) 基板上にマスクを付着させ、該マスクに適切な 開口部を設け、開口部からマスク表面を覆って成長させ 1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2を持つ第2の 第2のGaN系半導体とは異なる屈折率n3を持つ第3 化しない段階で第2のGaN系半導体上に成長させた、 が、関ロ部から成長させた屈折率n1を持つ第1のGa **米半導体薄膜。 である。**

[0012] 特に本発明は、

GayIn1-x-yN (@L, 0≤x≤1, 0≤y≤1, 0 (11) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、そ れぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なるA1x ≤x+y≤1)より構成されることを特徴とする上記 (10) に記載のGaN系半導体薄膜。

(12) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、そ れぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状態の異 y≤1、0≤x+y≤1)より構成されることを特徴と する上記 (10) または (11) に記載のGaN系半導 なるA1xGay I n1-x-yN (但し、0≦x≦1、0≦

20 (13) 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組

€

梅園2003-158295

1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層した 多層膜よりなることを特徴とする上記(10)に記載の 成の異なるN1xGayIn1-x-yN (但し、0≤x≦ GaN系半導体薄膜。

1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること を特徴とする上記 (10) ないし (13) に記載のGa (14) 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半 導体が、同じAlxGayIn1-x-yN (但し、0≤x≤ N系半導体溶膜。 (15) 前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なG a N系半導体薄膜であることを特徴とする上記(10) ないし(14)に記載のGaN系半導体薄膜。 (16) 前記第3のGaN系半導体上に、表面の平坦な GaN系半導体薄膜が形成されていることを特徴とする 上記 (10) ないし (15) に記載のGaN系半導体将 (17) 前記GaN系半導体が成長可能な基板が、Ga N、サファイア、SiC、シリコンのうちの何れか1種 類であることを特徴とする上記 (10) ないし (16) に記載のGaN系半導体薄膜。 (18) 前記マスクがSiNからなることを特徴とする 上記 (10) ないし (17) に記載のGaN系半導体部

[0013] また本発明は、

(19) 前記第3のGaN系半導体上に、p型およびn 型のGaN系半導体薄膜からなるpn接合が形成されて いることを特徴とする上記 (10) ないし (18) に記 数のGaN系半導体薄膜。

(20) 上記 (19) に記載のGaN系半導体薄膜を用 いて作製した半導体発光茶子。である。

[0014]

30

で、斜線部で示す41はマスクが付着している部分であ 後にフォトリソグラフィーにより開口部を適切な形状に 【発明の実施の形態】CaN系半導体薄膜の選択成長に おいては、GaN系半導体の成長が可能な基板の上にG aN系半導体の成長が起こらない物質からなるマスクを 蒸着やスパッタ、CVD等の方法で付着させる。しかる パターニングし、周口部のマスクを部分的に除去する。 このように、基板上にマスクを形成した例を図4に示 す。図4はマスクを形成した基板の表面を示す平面図 40

り、42はマスクが除去され基板が露出した関口部であ る。図4の例では、マスクの閉口部42は、基板表面に 互いに平行な線状に形成してある。

【0015】続いて、上記の関ロ部に韓出した基板の上 N系半導体の成長初期には、マスクを除去した開口部に 15は基板、14はマスク、31は表面が平坦化してい にGaN系半導体の結晶を成長させる。この場合、Ga のみ結晶が成長する。この隅口部にのみ結晶が成長した 段階での結晶の断面形状を図3に示す。図3において、 ない非平面形状を有するGaN系半導体の結晶である。

-4-

特開2003-158295

9

[0016] 本発明者は、このGaN系半導体溶膜の選択成長の過程において必ず存在する、結晶の表面が平坦化していない非平面状の結晶面が現れる過程に着目し、この非平面状の結晶面を利用して光を乱反射させることにより、光を外部に取り出す効率を向上させ、GaN系半導体を用いた半導体発光素子の発光特性を改良することに想到し、本発明を行った。

[0017] 本発明に係わるGaN系半導体薄膜の断面構造の一例を示す図を図1に示す。図1において、11は困が率n2拾や第3のGaN系半導体、12は屈が率n2を持つ第2のGaN系半導体、13は屈折率n1を持つ第1のGaN系半導体、13は屈折率n1を持つ第1のGaN系半導体、14はセメク、15は基数がよった。

[0018] 図1に示すように、本発明のGaN系半導体は毎期では、第1のGaN系半導体13と第2のGaN系半導体12とGaN系半導体12とGaN系半導体12と第3のGaN系半導体12と第3のGaN系半導体12と第3のGaN系半導体12と第3のGaN系半導体12と第3のGaN系半導体11では超が平が異なるため、第1のGaN系半導体13と第2のGaN系半導体11の界面に入射した光はそれぞれののGaN系半導体11の界面に入射した光はそれぞれの野面で乱反射を起こすことになる。

【0019】本発明のGaN系半導体薄膜は、次の手順で形成させる。まず、GaN系半導体が成長可能な基板 上に、GaN系半等体の成長が起こらない物質からなるマスクを付着させ、該マスクに適切な開口節を設ける。 【0020】ここで、本発明で用いるGaN系半導体が成長可能な基板としては、GaN、サファイア、SiC、シリコンが好ましい。例えば、GaN層を表面に形成したサファイアを基板として用いることができる。また、マスクを構成するGaN系半導体の成長が起こらない、マスクを構成するGaN系半導体の成長が起こらない、マスクを構成するGaN系半導体の成長が起こらない、可能の話をエッチングにより作製するのに容易であり、かの熱応力に伴う過剰なストレスを生じさせないために、

0.01μm~1μm程度とするのが好ましい。 【0021】マスクは、蒸着やスパック、CVD等の方法で基板に付着させることが出来る。またマスクの間口部は、フォトリングラフィーにより開口部を適切な形状にパケーニングし、開口部のマスクをエッチング等の方法により部分的に除去することにより形成することができていい。 さる。 【0022】 阴口部の形状は、幅1~10μm程度で基

 [0023] 或いは、閉口部の形状を直径が5~50μ n程度の円とし、該関口部をマスクに5~100μmの 関隔で分散配置させても、隣接した関口部から成長した 10 GaN系半導体結晶同士を合体させて、平坦な表面を有

するCaN系半導体等級を製造することもできる。 [0024]次に、開口部から屈折率n1を持った第1のCaN系半導体を成長させる。そして、該第1のCaN系半導体の表面が平坦化する前の非平面形状を有する段階で、第1のCaN系半導体とは異なる固折率n1を持つ第2のCaN系半導体と第1のCaN系半導体上に 【0025】第1のGaN系半導体の表面が平坦化する 前の非平面形状を有する段階とは、隣接する閉口部から 成長した結晶同士が合体する前であっても良いし、一部 合体した後でも良い。一般に選択成長で形成した結晶 は、隣接する閉口部の間隔とおよそ同程度の厚さになる と表面が平坦な海峡となる。例えば、マスクに間隔を6 μmとして線状の関口部を形成した場合、およそ6μm 程度の厚さの結晶を成長させるとほぼ表面が平坦な薄膜 となる。従って本発明においては、表面が平坦化するまでの適当な段階で、第1のGaN系半導体の成長を中止 し、その上に第2のGaN系半導体を成長させる。

20

[0026] ここで、第1のGaN系半導体の屈折率n・と第2のGaN系半導体の屈折率n・と表現なるものにすることにより、第1のGaN系半導体と第2のGaN系半導体の界面で光の反射や屈折が生じ、光が乱反射することになる。 屈折率n・と屈折率n・との大小関係やその値の差は、住意に遠ぶことが出来る。ここで屈折率n・との差が大きいほど光の反射率が高いため好ましい。

【のの27】さらに本発明においては、第2のGaN系半導体の表面が平坦化しない段階で、第2のGaN系半導体とは異なった屈折率nnを持つ第3のGaN系半導体を第2のGaN系半導体上に成長させる。第3のGaN系半導体を第2のGaN系半導体を第1のGaN系半導体上に成長させる条件は、第2のGaN系半導体を第1のGaN系半導体上に成長させる条件と同様とする。

40

[0028]第3のGaN采半導体を第2のGaN采半導体上に成長させることにより、第2のGaN采半導体と第3のGaN系半導体の界面でも光の起反射が生じることになり、光を外部に取り出す効率が向上する。 [0029]本発明では、上記の第1、第2、第3のG

a N系半導体が、それぞれ隣接するGa N系半導体とは

組成の異なるAlxGayIn1-x-yN (個し、0≤x≤

20

1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1) より構成されることが好ましい。A 1.C a y 1 m···y Nの組成により G a N ※半導体の田が率は変化するため、第 1、第 2、第 3 のG a N ※半導体を、それぞれ隣接する G a N ※半導体とは組成の異なる A 1.G a y 1 m···y N (但し、0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1) より構成することにより、屈が率の異なる G a N ※半導体の凝次機固することができる。

[0030]また本窓明では、第1、第2、第3のGa N系半導体が、それぞれ解接するGaN系半導体とはド ーピング状傷の異なるAliGayInt-*・・) (但し、 0≤x≤1、0≤x+y≤1)より構成されるのが好ましい。AliGayInt-*・Nのドーピン が状態を脳ゆすることにより、GaN系半導体の屈折率 を設定して、屈折率の異なるGaN系半導体の組み合わ

せを構成することができる。

[0031] 第1、第2、第3のGaN系半導体間の超 が幸の盗は、異なる組成のAl*Ga/In:-x-7Nの組み 合わせの他に、同じ組成でも異なるドーピング状態のA 1xGa/In:-r-7Nの組み合わせで実現することも可能 である。もちろん、異なるドーピング状態で異なる組成 のAl*Ga/In:-r-7Nの組み合わせから、第1、第 2、第3のGaN系半導件を構成しても良い。 【0032】また本発明においては、前記第2のGaN ※半導体を、2種類以上の組成の異なるA1xGayIn-1-x-yN (但し、0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積置した多層膜から構成することができる。例えば、第2のGaN系半導体層を、各々の厚さが発光後の四分の一に相当する2種類の組成の異なるA1xGayIn-x-yNを交互に積積した多層膜(DBR及制膜)から構成すると、光の乱反射が生じやすくなり発光を外部に取り出す効率が向上する。

30

| 10033|| また本発明では、第1003 N 采半導体と 第3のG a N 采半導体が、同じん I L G a V I n I - r * y N (但し、0 S x ≥ 1、0 S y ≤ 1、0 S x + y ≤ 1) よ り構成されていても良い。 本発明は、屈折率の異なる 2 種類のG a N 采半導体を交互に形成する構成とすること が出来る。 その場合、第3のG a N 采半導体の上にさら に I 以上のG a N 采半導体を成長させても良い。

[0034] 本発明では、隣接する周口部から成長したGaN系半導体を成長する欧に合体させて、表面の平坦なGaN系半導体等機を構成することができる。また、第3のGaN系半導体の上にきらに1以上のGaN系半導体を成長させ、そのGaN系半導体を成長する政長する政長する政に合体させて、表面の平坦なGaN系半導体を成長させ、表面の平坦なCaN系半導体を成長しても良い。本発明では、最低限3つのGaN系半導体を順次成長させて、光を乱反射する2つの架面を作ることにより、光を外部に取り出す物

【0035】本発明では、第3のGaN系半導体上に、

20

10 表面の平坦なCaN系半導体溶膜を形成させることが出来る。例えば、第3のCaN系半導体上に、表面の平坦なP型およびn型のCaN系半導体準膜を成長させ、pn接合を形成することが出来る。そして、このpn接合を発光部として用いることにより、本発明のCaN系半導体溶性から半導体発光素子を作製することが出来る。半導体発光素子のpn接合の界面は、平坦である力が結晶欠陥の導入される可能性が少ないため好ましい。

【0036】 【実施例】以下本発明を、実施例を用いて説明する。

[0037] (実施例1) 本実施例1では、表面にGa NMを1. 6 μ m 成長させたサファイアのウェハーを基 坂として用いた。まず、ウェハー上のGa NGの表面 に、プラズマCVDにより窒化シリコン (SiN)を 0.1 μ m の耳さでマスクとして堆積させた。 【0038】続いて推積させた5iNマスクの表面にレジストを塗布し、近年のフォトリングラフィーの方法を用いて、マスクの語口部のパターンを形成した。マスクの間口部のパターンを形成した。マスクの間口部のイターンは、幅4μmのストリート状のマスクが技存する部分とが交互に並ぶ1次元の周期的な形状とした。周口部上のレジストを製縄した後、ウェハーをフッ酸(HF):水=1:9のエッチング液でエッチング、周口部のSiNを除去した。その後SiNマスク表面のレジストを除去して、4μmのストリート状にGaN超が経出した間口部とマスクが4μmのストリート状に残らた領域とが周期状に繰り合って形成されたウェハーを得た。作戦したウェハーの語口部とマスクの形状は、図4に示したものと同様である。

[0039]上記のウェハー上へのGaN系半導体の成長は、有機を頑気相成長法(MOCVD法)によって行った。本実施例1のMOCVD法では、V核原料にはアンモニアを用い、111核原料には有機金属であるトリメチルガリウム(TMG)、トリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルインジウム(TM1)を用いた。また、n型不純物のドーピング原料としてはモノジラン、p型不純物のドーピング原料としてはモノジラン、p型不純物のドーピング原料としてはモメジロン、p型不純物のドーピング原料としてはエスジロしては水素及び窒素を用いた。キャリアガスとしては水素及び窒素を用いた。

[0040] MOCVD社に用いる成長装置のリアクターに、上記のウェハーをセットした。そしてリアクターを打空でパージした後、キャリアガスとアンモニアを記しながらリアクターの温度を成長温度である1140℃に昇進した。なお以下の工程では、キャリアガスとアンモニアはリアクターに名時供給しておいた。リアクターの温度が1140℃に造したところで、第1の工程としてリアクター内にTMCを130μm。1/minの消量で60分間導入した。この第1の工程では、GaN屋が露出したストリート上の間口部に、図3に示したものと同様に上辺4μm、底辺6μm、高さ2μmの台形状

核隔2003−158295

8

:

の断面を持つCaN結晶が成長した。但し、隣り合う開 ロ部から成長したGaN結晶同士は合体していなかっ

の工程でのGaN結晶の成長により、隣接する関ロ部か mol/minの流量でTMGと一緒に15分間リアク ターに供給し、上記のGaN結晶上にAlo.1Gao.8N 結晶を0.2μm成長させた。さらに引き続き第3の工 程で、TMGだけをリアクターに供給して、再度GaN 結晶をA 10.2G a 0.8N結晶上に成長させた。この第3 ら成長したGaN結晶同士の合体と結晶装面の平坦化を 達成した。この表面が平坦化したGaN結晶からなる半 【0041】続く第2の工程では、TMAを32.5 μ 尊体
対
版
の
層
厚
は
、
6
μ

π

で

あ

っ
た
。

【0042】上記の第3の工程が終了した後、TMGと 同時にモノシランを1nmol/minの流量でリアク ターに供給し、上記のGaNからなる半導体薄膜の上に n型GaN層を2μm成長させた。n型GaN層のキャ リア級度は4×1018cm-3でむった。

せ、多重量子井戸 (MQW) 構造よりなる発光部を成長 【0043】次にリアクターの温度を800℃に低下さ させた。MQW構造は、GaNからなる7nmの障壁層 と InGaNからなる 3nmの井戸層との組み合わせを 5ペア積層して形成し、発光波長が470nmとなるよ うに組成等の条件を設定した。なお、MQW構造の成長 の時には、リアクターにモノシランの供給は行わなかっ

30 リアクターに供給することによって、MQW構造の上に 温し、TMG或いはTMAと同時にピスシクロペンタジ エニルマグネシウムを 0.2 mmol/minの流量で m、さらにその上にp型のGaN層を0.1μm成長さ 【0044】続いてリアクターの温度を1060℃に昇 Msをドープしたp型のA lo.1G ao.1N隔を0.1 μ

て、そこにTi/Auよりなるn型電極を形成した。そ 【0045】以上の操作で製造したウェハーを成長装置 のリアクターから取り出した後、p型のGaN層の表面 にNi/Auよりなる透光性電極とボンディング電極を 層、p型のA 10.1G a 0.9N層およびMQW構造をドラ イエッチングによって除去し、n型GaN層を露出させ の後、スクライバーによりウェハーを切断し、半導体発 作製した。さらに、ウェハーの一部分でp型のGaN 光素子を製造した。

層、24はp型A10.1Ga0.8N層、25は多重量子井 戸構造よりなる発光部、26はn型GaN層、27はn 【0046】以上の操作により製造した半導体発光素子 の断面構造を、図2に示す。図2において、21はボン 型電極、28は第3の工程で成長したGaN結晶、29 は第2の工程で成長したA10.2Ga0.8N結晶、30は ディング電極、22は透光性電極、23はp型GaN

第1の工程で成長したGaN結晶、14はマスク、15

【0047】この様にして作製した半導体発光素子の特

の工程のA 10.1G a 0.8 N の成長を行わず、その他は実 [0048] (比較例1) 比較のため、実施例1で第2 性は、輝度の平均が3~4Cdであった。

わず、第1の工程で成長したGaN結晶の上に直接第3 C d であった。本比較例1で作製した半導体発光素子の 輝度が、実施例1で作製した半導体発光素子の輝度より 低い原因は、第2の工程のA 10.2G ao.8Nの成長を行 の工程でGaN結晶を成長したため、屈折率の異なる半 導体の界面が形成されず、発光素子内で光の乱反射が生 本比較例1で作製した半導体発光素子の輝度の平均が2 臨例1と同じにして、半導体発光素子の作製を行った。 じなかったためだと考えられる。

01

[0049]

す効率を向上させ、GaN系半導体を用いた半導体発光 【発明の効果】本発明によれば、非平面状の結晶面を利 用して光を乱反射させることにより、光を外部に取り出 **素子の輝度を向上させることが出来る。**

【図面の簡単な説明】

29

【図1】本発明に係るG a N系半導体薄膜の断面構造の -例を示す図

【図2】 本発明の実施例1に係る半導体発光素子の断面 **幕造を示す図** 【図3】開口部にのみ結晶が成長した段階でのGaN系

半導体結晶の断面形状を示す図

【図4】マスクを形成した基板の表面を示す平面図 【符号の説明】

11 屈折尋n3を持つ第3のGaN系半導体 屈折率n2を持つ第2のGaN系半導体 1 2 屈折率n1を持つ第1のG a N系半導体 13

777 4

15 基板

ボンディング電極 2 1

2 2

透光性電極 23

p型CaN隔

多重量子井戸構造よりなる発光部 p型A 10.1G a0.9N脑 24 2 5

n型GaN層 26 40

27

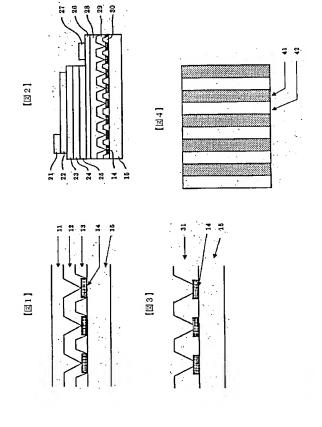
第3の工程で成長したGaN結晶 2 8

第2の工程で成長したA10.2Ga0.8N結晶 2 9

第1の工程で成長したGaN結晶 30 表面が平坦化していない非平面形状を有するG a N系半導体結晶

41 マスクが付着している部分

路口部



レロントページの結や

1K030 AA11 BA38 BB12 CA05 FA10 5F041 CA05 CA33 CA34 CA40 CA46 Fターム(参考) 4G077 AA03 BE11 BE15 DB06 ED06 CA65 CA74 CA82 CA88 CA92 EF01 EF05 HA02 TB05 TF01 JA06 LA11

5F045 AA04 AB14 AB17 AB18 AC08 AC12 AC19 CA10 DA52 DA55 DA64 DB02 EE17

-1-

JP 2003-158295 A5 2005.7.7

. ·

:

【公報確別】 特許法第17条の2の規定による補正の掲載【部門区分】第7部門第2区分 発行日】平成17年7月7日(2005.7.7)

公開番号】特開2003-158295(P2003-158295A) 公開日】平成15年5月30日(2003.5.30)

|出顯番号||特願2001-356801(P2001-356801)

[国際特許分類第7版]

33/00 16/34 29/38 H 0 1 L C 2 3 C C 3 0 B

21/205 H 0 1 L [F I]

33/00 16/34 H 0 1 L C 2 3 C

O

29/38 C 3 0 B

Д

21/205H 0 1 L

[手統補正書]

提出日】平成16年11月10日(2004.11.10)

手続補正1]

植正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

[植正方法] 変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】 [請求項1]

開口部から成長させる第1の工程と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦化しない段階 a N系半導体上に成長させる第2の工程と、該第2のGaN系半導体の表面が平坦化しな 1) が成長可能な基板の表面に、GaN系半導体の成長が超こらない物質からなるマスク を付着させ、数マスクに適切な田口部を設け、田口部からGaN系半導体薄膜を成長させ 体を第2のGaN系半導体上に成長させる第3の工程とを具備することを特徴とするGa GaN系半導体 (A1,Ga,In1-1-,N、但し0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤ るGaN系半導体薄膜の製造方法において、屈折率n,を持った第1のGaN系半導体を で、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n₂を持つ第2のGaN系半導体を第1のG で、さらに第2のGaN系半導体とは異なる屈折率ngを持つ第3のGaN系半導

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の 異なるA1,Ga,In,-,-,N (但し、0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より 構成されることを特徴とする請求項1に記載のGaN系半導体掩膜の製造力法。 [請求項2] [請水項3]

N米半導体薄膜の製造方法。

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピ ≤1)より構成されることを特徴とする請求項1または2に記載のGaN系半導体薄膜の 酸の異なるA1,Ga,1ヵ,-,-,N(但し、0≤×≤1、0≤y≤1、0≤×+y

[請求項4]

0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層した多層膜よりなることを 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組成の異なるA1,Ga,In,--,-,N(但L 特徴とする請求項1に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

し、0≤×≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)より構成されることを特徴とする請求項 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半導体が、同じA1,Ga,In,-,-,N 1ないし4<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄版の製造方法。 (請求項5)

【 對水頂 6 】

前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なGaN系半導体薄膜となることを特徴とす 請求項1ないし5の何れか1項に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

【請求項7】

前記第3のCaN系半導体上に、安面の平坦なCaN系半導体薄膜を成長させることを特 前記GaN系半導体が成長可能な基板が、GaN、サファイア、SiC、シリコンのうち の何れか1種類であることを特徴とする請求項1ないし7の何れか1項に記載のGaN系 数とする請求項1ないし6<u>の</u>何れか1項に記載のGaN系半導体薄膜の製造力法。 [請求項 8]

【請求項9】

半導体薄膜の製造方法。

前記マスクがSiNからなることを特徴とする請求項1ないし8の何れか1項に記載のG a N 系半導体薄膜の製造方法。

[請求項10]

って成長させたGaN系半導体薄膜において、該GaN系半導体薄膜が、開口部から成長 化しない段階で第1のGaN系半導体上に成長させた、第1のGaN系半導体とは異なる **基板上にマスクを付着させ、矮マスクに適切な開口部を設け、開口部からマスク 坂面を覆** 段階で第2のGaN系半導体上に成長させた、第2のGaN系半導体とは異なる屈折率n 屈折率n₂を持つ第2のGaN系半導体と、第2のGaN系半導体の表面が平坦化しない させた屈折率n,を持つ第1のGaN系半導体と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦 ,を持つ第3のGaN系半導体とを具備することを特徴とするGaN系半導体游艇。

[請水項 1 1]

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の 異なるA1,Ga,In╷-1-,N (伍し、0≦x≦1、0≦y≤1、0≦x+y≦1)より 構成されることを特徴とする請求項10に記載のGaN系半導体薄膜。

【請求項12】

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピ ≤1) より構成されることを特徴とする請求項10または11に配載のGaN系半導体游 ング状態の異なるA1,Ga,In,-,-,N (但し、0≤x≤1、0≤y≤1、0≤×+y

【請求項13】

、0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1)を周期的に積層した多層膜よりなることを 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組成の異なるA1,Ga,In,-,-,N (但し 特徴とする請求項10に記載のGaN系半導体薄膜。

請求項14]

し、0≤×≤1、0≤y≤1、0≤×+y≤1)より構成されることを特徴とする請求項 前配第1のGaN系半導体と第3のGaN系半導体が、同じA1,Ga,In₁₋₋₋,N(但 10ないし13の何れか1項に記載のGaN系半導体薄膜。

[請求項15]

前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なGaN系半導体薄膜であることを特徴とする 請求項10ないし14<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜。

【請水項16】

前記第3のGaN系半導体上に、安面の平坦なGaN系半導体薄膜が形成されていること を特徴とする請求項10ないし15<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜

【請求項17】

前記GaN系半導体が成長可能な基板が、GaN、サファイア、SiC、シリコンのうち

. . . .

の何れか1種類であることを特徴とする請求項10ないし16<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜。

[請求項18]

前記マスクがSiNからなることを特徴とする請求項10ないし17<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜。 【請求項19】

前記第3のGaN系半導体上に、p型およびn型のGaN系半導体薄膜からなるpn接合が形成されていることを特徴とする請求項10ないし18<u>の何れか1項</u>に配載のGaN系 半導体薄膜。

[請水項20]

許求項19に記載のGaN系半導体薄膜を用いて作製した半導体発光素子。